

学校编码: 10384  
学号: X2004330016

分类号\_\_\_\_\_密级 \_\_\_\_\_  
UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于支持向量机的舰船图像检索研究

**The Research of Vessel Image Retrieval Based on  
Support Vector Machine**

刘 海 亮

指导教师姓名: 李 翠 华 教 授

专 业 名 称: 计算机应用技术

论文提交日期: 2008 年 5 月

论文答辩日期: 2008 年 5 月

学位授予日期: 2008 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2008 年 5 月

# 厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

# 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

- 1、保密（ ），在      年解密后适用本授权书。
- 2、不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名：

日期：      年    月    日

导师签名：

日期：      年    月    日

厦门大学博硕士论文摘要库

# 目 录

引 言 .....	1
1 支持向量机概论 .....	3
1.1 简介 .....	3
1.2 支持向量机的研究现状 .....	4
1.3 小 结 .....	7
2 支持向量机的理论体系研究 .....	8
2.1 支持向量机 .....	8
2.1.1 机器学习 .....	8
2.1.2 最优分类面 .....	9
2.1.3 线性可分的 SVM .....	11
2.1.4 线性不可分的 SVM .....	12
2.1.5 非线性可分的 SVM .....	13
2.2 核函数 .....	15
2.2.1 什么是核函数 .....	15
2.2.2 如何构造核函数 .....	15
2.2.3 几种常见的核函数 .....	16
2.3 小 结 .....	19
3 基于支持向量机的舰船图像检索 .....	20
3.1 前言 .....	20
3.2 图像检索技术 .....	21
3.2.1 基于文本的图像检索技术 .....	21
3.2.2 基于内容的图像检索技术 .....	21
3.2.3 常用系统性能评价 .....	26
3.2.4 图像检索中相关反馈技术 .....	27
3.3 舰船图像特征分析 .....	28
3.4 基于支持向量机的图像检索 .....	30

3.5 小 结.....	31
4 测试与分析.....	32
4.1 系统结构.....	32
4.1.1 图像检索的流程图 .....	32
4.1.2 用于舰船图像检索的支持向量机 .....	33
4.1.3 用于舰船图像检索的图像特征 .....	34
4.1.4 系统功能 .....	35
4.2 测试与分析.....	35
4.3 小 结.....	41
5 总结与展望.....	42
5.1 总 结.....	42
5.2 展 望.....	42
参考文献 .....	43
攻读硕士期间发表的论文 .....	46
致谢 .....	47

## Contents

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>1 Support Vector Machine Introduction .....</b>	<b>3</b>
1.1 Introduction .....	3
1.2 Support Vector Machine Research Status .....	4
1.3 Summary .....	7
<b>2 Support Vector Machine Theory Study .....</b>	<b>8</b>
2.1 Support Vector Machine .....	8
2.1.1 Machine Learning .....	8
2.1.2 Optimal Hyperplane .....	9
2.1.3 Linear Separable SVM .....	11
2.1.4 Linear Unseparated SVM .....	12
2.1.5 Nonlinear Separable SVM .....	13
2.2 Kernel Function .....	15
2.2.1 Kernel Function .....	15
2.2.2 Kernel Function Structured .....	15
2.2.3 Several of Kernel Function .....	16
2.3 Summary .....	19
<b>3 Vessel Image Retrieval Based on SVM .....</b>	<b>20</b>
3.1 Introduction .....	20
3.2 Image Retrieval .....	21
3.2.1 Text-based Image Retrieval .....	21
3.2.2 Content-based Image Retrieval .....	21
3.2.3 Performance Evaluation of Common System .....	26
3.2.4 Related Technical Feedback in Image Retrieval .....	27
3.3 Feature Analysis of Vessel Image .....	28
3.4 Image Retrieval Based on SVM .....	30
3.5 Summary .....	31
<b>4 Test and Analyse .....</b>	<b>32</b>
4.1 System Structure .....	32
4.1.1 Flow Chart of Image Retrieval .....	32

4.1.2 SVM in Vessel Image Retrieval .....	32
4.1.3 Image Feature in Vessel Image Retrieval .....	34
4.1.4 System Function .....	35
<b>4.2 Test and Analyse .....</b>	<b>35</b>
<b>4.3 Summary .....</b>	<b>41</b>
<b>5 Conclusions and Prospect .....</b>	<b>42</b>
5.1 Conclusions of This Paper .....	42
5.2 Suggestions in the Future .....	42
<b>Reference .....</b>	<b>43</b>
<b>Published Papers During the Postgraduate Period .....</b>	<b>46</b>
<b>Acknowledge .....</b>	<b>47</b>



## 摘 要

在统计学习理论基础之上发展起来的支持向量机，是 Vapnik 及其领导的 AT&T 实验室研究小组提出的一种全新的模式识别技术，近年来得到了许多学者的重视和研究，其自身理论得以完备，应用也日趋广泛。但是，在舰船图像检索方面的应用还较少，这正是本文研究的意义所在，体现出支持向量机的应用创新。

目前，图像检索技术主要有基于文本的图像检索技术 (Text-based Image Retrieval, 简称为 TBIR) 和基于内容的图像检索技术 (Content-based Image Retrieval, 简称为 CBIR)，其中，基于文本的图像检索技术是一种成熟的图像检索技术。而在基于内容的图像检索技术中，因为其颜色、形状、纹理和语义等图像特征的提取和分类方法的选择不同，图像检索的效果也不尽相同。本文利用图像的颜色和纹理特征，采用在分类方面具有全局优化、适应性强、理论完备、训练时间短、推广性能好等优点支持向量机，进行图像分类，较好地实现图像检索的目的。

本文在论述支持向量机基本理论和用于检索的图像特征基础之上，结合舰船图像的特征，完成了基于支持向量机的舰船图像检索系统，通过测试验证该方法的优越性。

**关键字：**统计学习理论，支持向量机，核函数，图像检索，  
舰船图像检索系统

厦门大学博硕士论文摘要库

## **Abstract**

Support Vector Machine (SVM) is based on statistical learning theory (SLT). It is a Pattern Recognition Technology proposed by Vladimir N.Vapnik's research group of AT&T Bell laboratory. Recently SVM is developed and recognized by many researchers and is gradually being used in many fields. However there is no much research in the field of vessel image retrieval. So I choose this topic to carry out my research. This is the first application innovation of this paper.

Now, image retrieval technology include Text-based Image Retrieval (TBIR ) and Content-based Image Retrieval(CBIR).Among them, Text-based Image Retrieval is a mature image retrieval technology.Image retrieval results vary in the content-based image retrieval technology, because of its color, shape, texture and semantic image features such as the extraction and classification of different methods.Images of color and texture characteristics is used in my thesis.While SVM, which is a classification method , has advantages such as global optimization, strong adaptability, maturity theory, less training time and good generalization in classification.It has a better influence on the following image retrieval.

This paper discusses the image feature retrieval based on SVM and implements a vessel image retrieval system based on SVM. As tests show that SVM has better qualities.

**Key Words:** Statistical Learning Theory, Support Vector Machine,  
Kernel Function,Image Retrieval, Vessel Image Retrieval System

## 引 言

随着计算机、多媒体等技术的研究和发展,融合计算机视觉、图像处理、图像理解、模式识别和数据库等多个领域技术成果的图像检索,有着广泛的应用前景。目前,图像检索技术主要有基于文本的图像检索技术(Text-based Image Retrieval, 简称为 TBIR)和基于内容的图像检索技术(Content-based Image Retrieval, 简称为 CBIR),其中,基于文本的图像检索技术是一种成熟的图像检索技术,被广泛地应用到百度、谷歌等搜索引擎门户网站和大型的数据库管理系统(DBMS)中,由于其标注工作量大等原因,很难满足现在海量图像搜索<sup>[29]</sup>。人们在 20 世纪 90 年代提出了主要利用图像颜色、纹理、形状和语义等特征的 CBIR,又因基于语义特征的图像检索主要障碍是难以描述图像的语义信息,因此,在处理视频、音频等多媒体信息检索中,依据图像颜色、纹理、形状等特征的基于内容的图像检索备受青睐<sup>[30]</sup>。CBIR 最主要的方式是相似性检索,即在图像数据库中找到与给定图像最相似的一幅,换言之,是按照事先指定的规则实现对图像数据库进行图像分类。因此,建立在统计学习理论上,拥有分类能力的支持向量机方法可以运用于图像检索之中。

与传统统计学相比,统计学习理论是一种专门研究小样本情况下机器学习规律理论。该理论针对小样本学习问题建立了一套新的理论体系,在这种体系下的统计推理规则不仅考虑了对渐进性的要求,而且追求在现有有限信息的条件下得到最优结果。建立在统计学习理论的 VC 维理论和结构风险最小化原理基础上的支持向量机方法已经被看作是对传统学习分类方法的一个好的替代,特别在小样本、高维非线性情况下,具有较好的泛化能力。

大量的研究表明,目前用于图像检索的方法很多,虽然基于支持向量机的分类方法应用于图像检索,却没有很好地应用于舰船图像的检索。

本研究主要集中在支持向量机基本理论、图像检索技术和支持向量机在舰船图像检索中的应用等三方面。首先对支持向量机的基本理论进行了深入的分析,然后研究了图像检索技术,针对舰船图像的特点,给出了相应的支持向量机的模型和核函数。通过 VC++ 系统,验证该方法的有效性。

本文内容的组织结构如下:

第一部分 支持向量机概述,主要介绍支持向量机的发展历史和研究现状。

第二部分 介绍支持向量机的理论体系，主要介绍统计学习理论的重要概念、支持向量机以及核函数。

第三部分 介绍基于支持向量机的舰船图像检索，主要是基于文本和内容的图像检索技术，以及舰船图像的特征分析和支持向量机模型等。

第四部分 测试与分析，主要包括图像检索的系统结构、用于舰船图像检测的支持向量机和图像特征，以及测试和分析。

第五部分 总结与展望

# 1 支持向量机概论

## 1.1 简介

在自然科学的发展过程中，人们逐渐意识到，不仅需要对单个事物的精确理解，有太多需要以统计学为理论基础进行研究的领域。如何从大量的数据集中，总结出正确且有用的规律，在当代科学研究中具有及其重要的地位。由此，不但催生了“数据挖掘”或“数据分析”等技术，同时也极大地推动着机器学习在各行各业的广泛应用和迅猛发展。

随着被称作 Rosenblatt 感知器的第一个学习机器在 19 世纪 60 年代的诞生<sup>[25]</sup>，人们便拉开了以统计学习理论为基础的机器学习的迅速发展的序幕。目前，按照学习模型的不同，大致分类就有人工神经网络、遗传算法、免疫算法、蚁群算法等。

作为支持向量机理论基础的统计学习理论 (SLT Statistical Learning Theory)，是一种专门研究小样本情况下机器学习规律的理论<sup>[1]</sup>。该理论针对小样本统计问题建立了一套新的理论体系，在这种体系下的统计推理规则不仅考虑了对渐近性能的要求，而且追求在现有有限信息的条件下得到最优结果。V. Vapnik 等人从六、七十年代开始致力于此方面研究，到九十年代中期（1992 年）首次提出，随着其理论的不断发展和成熟，也由于神经网络等学习方法在理论上缺乏实质性进展，统计学习理论开始受到越来越广泛的重视。

统计学习理论的一个核心概念就是 VC 维 (VC Dimension, Vapnik 和 Chervonenkis(1968)提出了 VC 熵和 VC 维的概念)，它是描述函数集或学习机器的复杂性或者说是学习能力 (Capacity of the machine) 的一个重要指标，在此概念基础上发展出了一系列关于统计学习的一致性 (Consistency)、收敛速度 (Convergent Speed)、推广性能 (Generalization Performance) 等重要结论<sup>[1]</sup>。统计学习理论是建立在一套较坚实理论基础之上的，为解决有限样本学习问题提供了一个统一的框架。它能将很多现有方法纳入其中，有望帮助解决许多原来难以解决的问题（比如神经网络结构选择问题、局部极小点问题等），同时，在这

一理论上发展了一种新的通用学习方法——支持向量机 (SVM Support Vector Machine), 该方法已初步表现出很多优于已有方法的性能。一些学者认为, SLT 和 SVM 正在成为继神经网络研究之后新的研究热点, 并将推动机器学习理论和技术有重大的发展。

SVM 是由 Vapnik 领导的 AT&Bell 研究小组, 1963 年在解决模式识别问题时提出了支持向量机方法, 它是一种非常有潜力的分类技术。这种方法从训练集中选择一组特征子集, 使得对特征子集的划分等价于对整个数据集的划分, 这组特征子集就被称为支持向量(SV)。1971 年 Kimeldorf 提出使用线性不等约束重新构造 SV 的核空间, 解决了一部分线性不可分问题。1990 年 Grace, Boser 和 Vapnik 等人开始对 SVM 进行新的研究, 并取得一定成果。

## 1.2 支持向量机的研究现状

起初, 对支持向量机的研究尚不完善, 在解决模式识别问题中往往趋于保守, 且数学上比较艰涩, 因此这些研究一直没有得到充分的重视。直到 90 年代, 一方面, 由于神经网络等较新兴的机器学习方法的研究遇到一些困难, 比如如何确定网络结构、过学习与欠学习、局部极小点等问题; 另一方面, SLT 是一个较完善的理论体系, 在解决小样本、非线性及高维模式识别问题中表现出许多特有的优势, 才使得 SVM 迅速发展和完善, 并能够推广应用到函数拟合等其它机器学习问题中。从此迅速发展起来, 现在已经在生物信息学、文本、手写识别、语音识别、人脸图像识别, 以及文章分类等领域都取得了成功的应用。

SVM 方法建立在统计学习理论的 VC 维理论和结构风险最小原理基础上 (Vapnik 和 Chervonenkis, 1974 年提出了结构风险最小化归纳原则; Vapnik 和 Chervonenkis, 1989 年发现经验风险最小化归纳原则和最大似然方法一致性的充分必要条件, 并完成对经验风险最小化归纳推理的分析), 根据有限的样本信息在模型的复杂性(即对特定训练样本的学习精度, Accuracy)和学习能力(即无错误地识别任意样本的能力)之间寻求最佳折衷, 以期获得最好的推广能力 (Generalization Ability)。

在 SVM 方法中, 只要定义不同的内积函数 (即: 核函数), 就可以实现多项式逼近、贝叶斯分类器、径向基函数(RBF Radial Basic Function)方法、多层

感知器网络等许多现有学习算法。SVM 算法在精度上已经超过传统的学习算法或与之不相上下。并体现出支持向量机方法的诸多优点：1、针对有限样本情况，得到现有信息下的最优解而不仅仅是样本数趋于无穷大时的最优值；2、算法最终将转化成为一个二次型寻优问题，理论上可得到全局最优点，解决了在神经网络方法中无法避免的局部极值问题；3、算法将实际问题通过非线性变换转换到高维的特征空间 (Feature Space)，在高维空间中构造线性判别函数来实现原空间中的非线性判别函数，特殊性质能保证机器有较好的推广能力，同时它巧妙地解决了维数问题，其算法复杂度与样本维数无关。

鉴于上述优势，支持向量机的研究更加深入和广泛，呈现的研究热点主要表现在：训练算法、核函数的构造和参数的选择；从两类问题向多类问题的推广，更多的是应用领域的推广；与其它机器学习方法、数据预处理方法的结合，将数据中脱离领域知识的信息，即数据本身的性质融入支持向量机的算法中从而产生新的算法等。

支持向量机在理论研究上，得到了长足地发展，出现了<sup>[3][8]</sup>：

1、模糊支持向量机。引入样本对类别的隶属度函数，这样每个样本对于类别的影响是不同的，这种理论的应用提高了 SVM 的抗噪声能力，尤其适合在未能完全揭示输入样本特性的情况下。

2、1999 年提出的最小二乘法支持向量机。

3、加权支持向量机，分为有偏样本加权和有偏风险加权两类。

4、主动学习的支持向量机。主动学习在学习过程中可以根据学习进程，选择最有利于分类器性能的样本来进一步训练分类器，能有效地减少评价样本的数量，也就是通过某种标准对样本分类的有效性进行排序，然后选择有效样本来训练支持向量机。

5、粗糙集与支持向量机的结合。首先利用粗糙集理论对数据的属性进行约简，能在某种程度上减少支持向量机求解计算量。

6、基于决策树的支持向量机。对于多类问题，采用二叉树将要分类的样本集构造出一系列的两类问题，每个两类构造一个 SVM。

7、分级聚类的支持向量机。基于分级聚类和决策树思想构建多类 svm，使用分级聚类的方法，可以先把  $n-1$  个距离较近类别结合起来，暂时看作一类，



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库